



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para el proyecto Urbanización
de Bethel, Managua, Nicaragua.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Roger Roberto Jerez Esquivel

Tutor

Ing. José Ángel Baltodano Maldonado.

Managua, Marzo 2017

| | |
|---|----|
| I. Generalidades. | 1 |
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Antecedentes | 2 |
| 1.3. Justificación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos. | 4 |
| II. DESCRIPCIÓN GENERAL..... | 5 |
| 2.1. Información General. | 5 |
| 2.2. Limites..... | 6 |
| 2.3. Población y vivienda..... | 7 |
| 2.4. Servicios públicos existentes..... | 7 |
| 2.5. Topografía del terreno. | 7 |
| 2.6. Actividades económicas. | 8 |
| 2.7. Condiciones higiénicas sanitarias..... | 8 |
| III. Marco teórico..... | 9 |
| 3.1. Sistema de abastecimiento de agua potable y características generales | 9 |
| 3.1.1. Periodos de diseños. | 9 |
| 3.1.2. Fuentes de abastecimiento..... | 11 |
| 3.1.2.1. Tipo de Fuentes. | 11 |
| 3.1.3. Captación. | 12 |
| 3.2. Pozos..... | 14 |
| 3.2.1. Longitud de succión del pozo. | 16 |
| 3.3. Estación de Bombeo. | 17 |
| 3.4. Carga Total Dinámica..... | 19 |
| 3.5. Potencia Requerida..... | 19 |
| 3.6. Línea de Conducción. | 20 |
| 3.6.1. Línea de conducción por gravedad..... | 20 |
| 3.6.2. Línea de conducción por bombeo..... | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.6.3. Golpe de Ariete. | 21 |
| 3.7. Red de Distribución. | 22 |
| 3.7.1. Tipo de redes. | 23 |
| 3.7.2. Redes ramificadas. | 23 |
| 3.7.2.1. Redes malladas. | 23 |
| 3.7.3. Redes mixtas. | 24 |
| 3.8. Almacenamiento. | 24 |
| IV. Diseño Metodológico. | 26 |
| 4.2. Capacidad de la fuente de abastecimiento. | 28 |
| 4.3. Población de diseño. | 28 |
| 4.4. Nivel de servicio y dotación. | 29 |
| Conexión doméstica. | 30 |
| 4.5. Consumo promedio diario (CPD). | 31 |
| 4.6. Consumo promedio diario total (CPD _T). | 32 |
| 4.7. Variaciones de Consumo. | 32 |
| 4.8. Línea de conducción. | 33 |
| 4.9. Pozos. | 34 |
| 4.10. Carga Total Dinámica. | 34 |
| 4.11. Potencia Requerida. | 35 |
| V. Análisis y presentación de resultados. | 36 |
| 5.1. Período de diseño. | 36 |
| 5.2. Proyección de la Población. | 36 |
| 5.3. Estimación de Consumo | 37 |
| 5.4. Fuente de Abastecimiento. | 39 |
| 5.5. Pozo. | 40 |
| 5.6. Cálculos básicos. | 45 |
| 5.7. Almacenamiento para la zona de estudio. | 46 |
| 5.8. Selección de diámetros económicos para línea de conducción y equipo de bombeo. | 49 |
| 5.9. Calculo para determinar la Carga Total Dinámica (CTD) y potencia del Equipo de bombeo (HP) | 50 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 5.10. | Análisis de resultados obtenidos del diseño de la red de distribución en EPANET..... | 51 |
| | Imagen 4..... | 51 |
| 5.10.1. | Resultado del primer análisis con el consumo máximo hora..... | 52 |
| | Tabla 8 | 52 |
| 5.10.2. | Resultado del segundo análisis con el consumo máximo hora + caudal de hidrante..... | 53 |
| | Tabla 9 | 53 |
| 5.10.3. | Resultado del tercer análisis con el caudal de demandas en cero. | 54 |
| | Tabla 10 | 54 |
| 5.10.4. | Resultados generales..... | 55 |
| VIII. | Conclusiones y recomendaciones..... | 57 |
| 6.1. | Conclusiones | 57 |
| 6.2. | Recomendaciones | 57 |
| | Glosario | 58 |

Dedicatoria.

Esta monografía está dedicada en primer lugar a Dios nuestro Señor que me ha brindado la vida, la fuerza de voluntad y sabiduría para realizar este estudio superior y así poder optar al título de Ingeniería Civil.

A mis padres Oscar Jerez Orozco y Francis Esquivel por su gran confianza, apoyo incondicional y amor incondicional durante toda mi vida hasta el día de hoy que gracias a ellos estoy logré una de mis meta en mis estudios.

A mi esposa y mi hija que son el motor de mi existencia y llenan mi vida de alegría cada segundo que pasa.

A mis hermanos y toda mi familia en especial a mi tía Lilliam Jerez Orozco quienes también me brindaron su apoyo en muchos aspectos de mi vida.

A mi amigo tutor, Ing. José Ángel Baltodano Maldonado por su gran ayuda incondicional, consejos y buenos deseos en este proceso de culminación de mi carrera y a todos los docentes que han hecho posible que se lograsen todos los estudios en la trayectoria de mi desarrollo intelectual hasta hoy.

Agradecimiento.

A Dios Nuestro Señor, por darme la vida, sabiduría y la voluntad de seguir siempre adelante, tendiéndonos su mano.

A mis padres y familiares, por inculcarnos buenos valores, habernos guiado cuando lo necesitamos, cuidar con amor, paciencia y dedicación; sin ellos no hubiese sido posible el recorrer este camino tan largo.

Un cordial agradecimiento a mi tutor, Ing. José Ángel Baltodano Maldonado, por su amable atención, ayuda en todo momento; a todos los docentes que nos impartieron con dedicación, sus enseñanzas. A todas las personas que de una u otra manera han colaborado para que esta meta sea cumplida.

Resumen Ejecutivo.

El presente trabajo de graduación describe en forma detallada el procedimiento a través del cual se desarrolló la propuesta de diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), del sistema de abastecimiento de agua potable para el proyecto Urbanización de BETHEL, del municipio de Ciudad Sandino, departamento de Managua, para un periodo de 20 años (2016-2036); con el propósito de ayudar en el estudio de pre inversión para el proyecto con el mejoramiento de las condiciones higiene-sanitaria mínimas para una urbanización con enfoque social.

El sistema fue diseñado a partir de las normas para el abastecimiento de agua potable que dicta y están establecidas por el ente regulador INAA, en combinación con los estatutos establecidos con las demás instituciones, para la formulación y desarrollo de proyectos de agua potable en el sector, considerando las condiciones particulares que rigen esta propuesta a través de un análisis de las características presente tales como socioeconómicas de la zona a beneficiar, características topográficas y aprovechamiento de las fuentes de abastecimiento que están presente en el área en cuestión.

En el presente estudio se logra como resultado del diseño aplicado el balance de la oferta/demanda de cada componente se ha establecido el déficit de capacidad de producción de agua, cobertura de redes de agua potable. La captación se realizara a través de pozo ubicado en donde se cumpla con lo establecido respetando la ubicación dada inicialmente únicamente no se cumpliera este tendría que ser reubicado, realizando los mismo análisis. Las obras de línea de conducción, almacenamiento debe cumplir con lo establecido, en lo que respecta a diámetros y espesores de tubería.

Con los análisis en EPANET se logra identificar si el sistema diseñado lograra obtener las presiones mínimas para poder operar óptimamente en el rango de su vida útil, los análisis realizados fueron los siguientes: Consumo máximo hora para ver perdidas máximas, Caudal máximo día + Caudal de hidrante y con cero demandas.

Todo esto para proponer un sistema de agua potable consistente, en el sistema de bombeo eléctrico hacia las infraestructuras de reservorio (tanques elevados) y de ahí así el sistema principal diseñado, y finalizando en las conexiones domiciliarias.

El documento contiene la parte introductoria la cual da una mejor visión al estudio, la memoria de diseño y demás aspectos considerados durante las etapas de estudio y diseño, además de los datos recolectados durante la investigación de campo e información suministrada por entes competentes; está estructurado en siete capítulos: la introducción, Descripción general, Marco teórico, Criterios de diseño, Memoria de diseño, Conclusiones y Recomendaciones.

I. Generalidades.

1.1. Introducción.

El servicio de abastecimiento de agua potable comprende la captación de agua, potabilización, almacenamiento y distribución que es tan necesario para garantizar la salud y las condiciones higiénicas a la población, por lo que su correcto diseño y ejecución aseguran su buen funcionamiento tanto a corto como largo plazo, de acuerdo a la vida útil del proyecto.

Existen muchas fuentes de agua, pueden ser superficiales, meteóricas o atmosféricas y subterráneas de las cuales se aprovecha el recurso hídrico dependiendo si se encuentra y se puede explotar en la zona y a la misma vez que reúna los requisitos necesarios para su consumo así como también sea la opción más económica para su suministro.

En años recientes el gobierno se ha dado a la tarea de retomar temas de importancia para la sociedad nicaragüense, tal como la restitución de que todos los ciudadanos cuenten con una vivienda digna, impulsando proyecto de construcción habitacional de interés social, esto quiere decir que el proyecto cuenta con toda la infraestructura que toda urbanización moderna requiere tal como: calles de acceso y de circulación interna, adoquinada o pavimentadas, concreto hidráulico, sistema de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales, pluviales, energía eléctrica, etc.

Para esto necesita un estudio para poder solventar el problema en el abastecimiento de agua para el consumo humano, ya que actualmente este es un terreno que no tiene ningún uso.

Antes esta situación, he solicitado a la urbanización el permiso para hacer un estudio aparte de desarrollar la ejecución del Diseño de abastecimiento de agua potable.

1.2. Antecedentes

Debido a que este es un proyecto de interés social el gobierno, o la institución ejecutora ha visto que es necesario un sistema de abastecimiento de agua potable mediante un mini acueducto por bombeo Eléctrico, (MABE), por lo cual se procederá a la realización de los estudios, para su debido análisis y quedar tentativo para su realización.

1.3. Justificación

Este proyecto se origina de la necesidad que están viviendo los pobladores en muchas parte del país, principalmente en la capital del país donde mucha gente de la zona rural, emigra en busca de trabajo y mejores posibilidades, por lo cual realizan asentamientos donde no existe el acceso ni siquiera al recurso más básico como es el agua, debido a la falta que se ha creado a los gobiernos anteriores en cuanto a la falta del servicio de agua potable en forma continua, de buena calidad y cantidad que los abastezca.

Es necesario que el gobierno formule este proyecto para mitigar el problema que ocasiona la falta de una vivienda digna donde exista el acceso al agua potable, energía, etc y garantizar así el bienestar de la población a ser beneficiada.

Al lograr desarrollar este proyecto en la localidad podrán contar con los siguientes beneficios:

- Disminución del índice de enfermedades.
- Mejor calidad de agua para consumo humano.
- Dotación de consumo.
- Mejores condiciones de vida.
- Desarrollo socioeconómico a la zona.
- Protección y conservación del medio ambiente para el aprovechamiento de los recursos.

Para lograr dichos beneficios, se debe diseñar un sistema de abastecimiento que garantice la solución a las necesidades que presentan los pobladores que lleguen a la zona.

1.4. Objetivos.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un diseño de un mini-acueducto por bombeo eléctrico (MABE), para la urbanización de Bethel sector Mateare de la ciudad de Managua.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a. Realizar estudios topográficos para determinar las características y las condiciones del terreno para mejor aprovechamiento de este sistema y realizar diseño del trazo de la red.
- b. Analizar la red de distribución de agua potable a proponer con EPANET para resultados.
- c. Dibujar planos del sistema de abastecimiento de agua a proponer.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1. Información General.

La presentación de este documento contiene el diseño de los componentes de un acueducto para suministrar agua potable a la urbanización de Bethel ubicada en municipio de Ciudad Sandino a 13 km de la ciudad capital de Nicaragua, en el departamento de Managua.

En la imagen No 1 se presenta la macro localización, en la imagen No 2 se observa la micro localización de la urbanización en estudio.

Imagen No1.

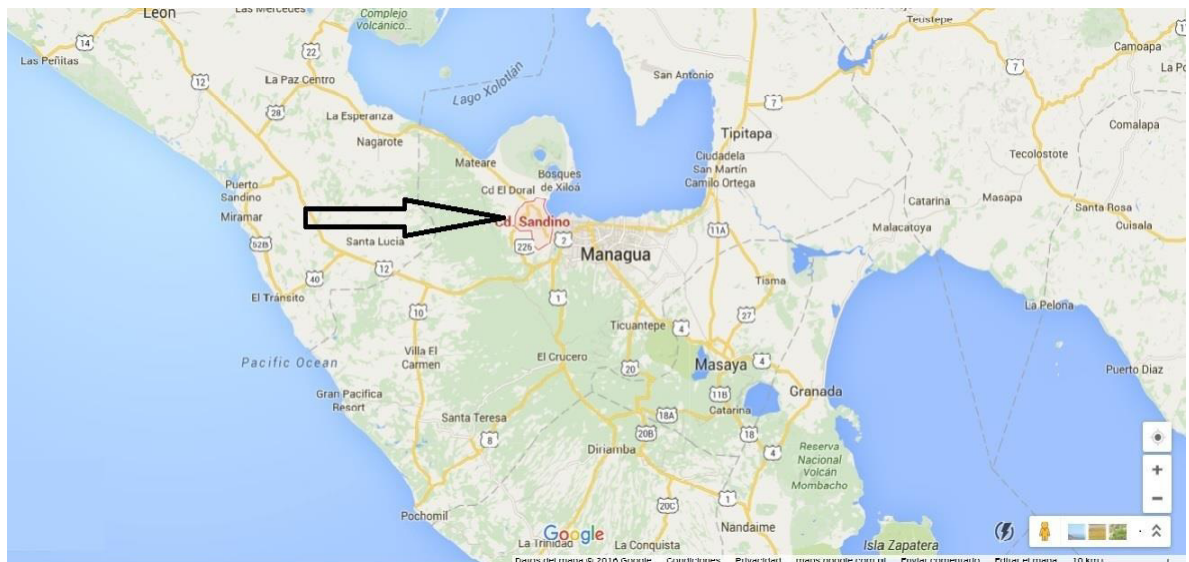
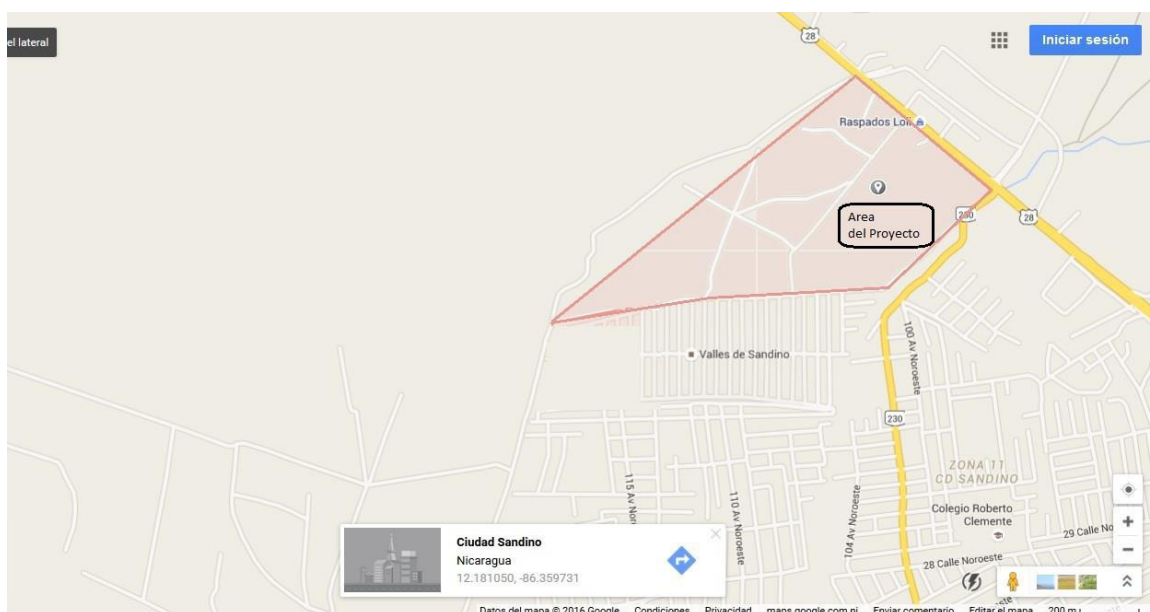


Imagen No2.



El acceso a la zona es por medio de la una vía principal a trece (13) km. Al noreste del centro de la ciudad de Managua.

La temperatura promedio en el periodo de 1978-1981 fue de 30°C; la precipitación media en el periodo de 1970-1980 fue de 1200 milímetros por año¹. Bajo estas condiciones se define el clima de la zona, donde se ubica estos repartos como cálidos que corresponde al tipo Tropical de Sabana, de conformidad con la calificación de W. Köppen.

2.2. Límites

Norte: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. (PTAR-ENACAL)

Sur: Urbanización Valles de Sandino.

Este: Campos agrícolas.

Oeste: COPIN, Zona Franca ALFA y Planta de Tratamiento ENACAL.

¹ Mapa Isotérmico de Nicaragua, INETER y Precipitación media anual, INETER.

2.3. Población y vivienda.

Para el diagnóstico de la situación socioeconómica de la zona se tomó en cuenta que la población será saturada debido a que es un proyecto con un número limitado de viviendas y para saber la situación socioeconómica en el área de estudio, se tomó en cuenta que serán para población de clase media que posee un trabajo y puede con un pago mínimo establecido para estas viviendas sociales de bajo costo.

De los planos se sabe que la cantidad de viviendas son de 1529 y suponiendo que estas estarán saturadas por la capacidad máxima de habitantes que son de 6 pobladores por vivienda, se obtiene un total de 9174 habitantes en el área de estudio con base a los datos suministrados por los encargados de la construcción de las viviendas, a dicho cálculo se presentara en el anexo A.

2.4. Servicios públicos existentes.

La zona dispondrá de al menos una escuela, que atiende preescolar e infantiles con una cobertura de 50 niños y niñas, para el año del 2013.

El servicio de energía eléctrica será brindado existente es brindado por ENEL, de características monofásico.

2.5. Topografía del terreno.

El relieve de la comunidad es poco accidentado. El desnivel entre el punto más alto y el más bajo es de 1 a 2 m. Lo que da como resultado un terreno relativamente plano. Ver anexo B.

2.6. Actividades económicas.

La población trabaja son técnicos en diversas áreas que tienen las posibilidades de mantener una cuota para el pago de este tipo de viviendas, pobladores que trabaja en hospitales públicos, desempeñando trabajos como administrativos, enfermería, conserjería, a como también existe de otras áreas tales como maestros de colegios públicos y gente de otras instituciones del estado que son los favorecidos con este tipo de proyecto.

2.7. Condiciones higiénicas sanitarias.

Del total de las viviendas existentes el 100% poseerá el servicio de aguas negras para que estas puedan desechar sus aguas servidas.

Esta población que será beneficiada son pobladores que estuvieron en condiciones no aceptables. Ya sé por asedio de población o por estar en condiciones no actas para la vivienda familiar libre de contaminantes.

III. Marco teórico.

3.1. Sistema de abastecimiento de agua potable y características generales

Un sistema de abastecimiento de agua potable es la captación de agua superficial o subterránea para su potabilización, almacenamiento y distribución lo cual es su finalidad primordial la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, por lo que este líquido es vital para la supervivencia y está compuesto por los elementos siguientes:

3.1.1. Periodos de diseños.

El periodo de diseño o de vida útil de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable es el periodo de tiempo que estos elementos han de servir a la población antes de abandonarse o ampliarse por resultar ya inadecuados e obsoletos. Depende principalmente del grado de crecimiento de la población. Entorno a esto surge la necesidad de precisar el tiempo o año de proyección de población y de esta manera, poder relacionar adecuadamente la población futura a servir con la vida útil de todo el sistema, con la finalidad de hacer más económico este proyecto de carácter público que beneficiara a los habitantes de la zona.

Determinar el año de proyección tiene ciertos inconvenientes, ya que cada uno de los diferentes componentes del sistema de abastecimiento tiene su propio período de servicio. Antes esta situación, el ingeniero tiene que estimar cuál de todos esos elementos goza de mayor utilidad en el tiempo, y posteriormente diseñar o acomodar los periodos de servicio de los otros elementos dentro del marco económico, considerando los factores que se citan a continuación:

- Vida útil de las estructuras y equipos componentes, tomando en cuenta la antigüedad, desgaste por uso y el daño causado por el mal funcionamiento de estas u otro agente externo.
- Facilidad o dificultad para hacer ampliaciones a las obras existentes o planeadas.
- Relación anticipada del crecimiento de la población, incluyendo posibles cambios en el desarrollo de la zona.
- Tasa de interés vigente de los préstamos que el país o la zona obtenga, lo cual incide de manera directa en los costos de este tipo de proyecto.
- Comportamiento de las obras en los primeros años de operación, cuando no están sujetas a su capacidad completa.

En el país, se norma la selección de los periodos de diseños de los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable de acuerdo al contenido de la siguiente tabla²

TABLA 3
Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas.

| Tipo Estructuras | Características especiales | Período de |
|---|---|-------------------|
| Diseño/años. | | |
| - Presas, ductos grandes | Difíciles y costosos de agrandar | 25-50 |
| - Pozos, tanques, equipos de bombeo, plantas de potabilización. | a) Fáciles de ampliar cuando el crecimiento y las tasas de interés son bajas. Menor de 3% anual. | 20-25 |
| | b) Cuando el crecimiento y las tasas de interés son altas. Mayor del 3% anual. | 10-15 |
| - Tuberías mayores de 12" de diámetro. | Reemplazar tuberías pequeñas es más costoso a largo plazo. | 20-25 |
| - Laterales y tuberías desecundarias menores de 12" | Los requerimientos pueden cambiar rápidamente en áreas limitadas. | Para el |
| - de diámetro. | | rollo completo. |

Fuente: **Fuente: NTON 09 003-99, Pág. 23**

² Normas de abastecimiento de agua potable del INAA.

3.1.2. Fuentes de abastecimiento.

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población.

3.1.2.1. Tipo de Fuentes.

- **Aguas Atmosféricas:** Son aquellas que contiene la atmosfera en forma de vapor o de gotas microscópicas y que proviene de la evaporación que sufre en la superficie de la tierra (mares, ríos, lagos, etc.) así como de la evotranspiración y estas se aprovechan cuando se precipitan y caen en forma de lluvia, granizo o nieve. No es una fuente de abastecimiento constante ya que solo se pueden aprovechar en la época de invierno y pocas veces se almacena para el verano.
- **Aguas Superficiales:** Son aquellas que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua son las que forman los ríos, arroyos, quebradas, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales y otros similares, sean naturales o artificiales.

Las aguas superficiales pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar estancadas como los lagos o lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno y así cuando el vapor de agua es precipitado la parte que no se infiltra llega a los ríos y lagunas.

- **Aguas Sub-Superficiales:** Es el agua que se halla en la litosfera. Incluye el agua que se encuentra por debajo de la superficie del terreno y por debajo de los reservorios de agua superficial.

La forma más común en la que se aprecia son los afloramientos y manantiales que brotan de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la infiltración de agua de lluvia o nieve que penetra en un área y emerge en otra, de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable.

- **Agua Subterránea:** Es el agua que se encuentra por debajo de la superficie del suelo específicamente en la zona de saturación contenida en acuíferos en distintos estados y relaciones de composición con la parte sólida y gaseosa.

Representa una fase muy importante del ciclo hidrológico ya que la mayor parte del flujo en corrientes permanentes de agua proviene de aguas subterránea. A su vez una parte del flujo en corrientes intermitentes puede filtrarse bajo la superficie, por lo que ningún examen sobre agua superficial que tenga características de evaluación integral del recurso puede ignorar las relaciones con los procesos sub-superficiales.³

3.1.3. Captación.

Un sistema de captación de agua está constituido por una serie de estructuras construidas en las fuentes de abastecimiento con el fin de derivar un caudal de agua para recolectar y almacenar y de esta forma abastecer a una población determinada. Estas fuentes pueden ser clasificadas en tres grupos según su origen y ubicación: de origen atmosférico, de ubicación superficial, y de origen y ubicación subterránea. Como en Nicaragua la

³ Estándares de calidad de las aguas de recarga artificial para las condiciones Geo ambientales.

mayoría de las fuentes de abastecimiento de agua potable son subterráneas y específicamente las fuentes utilizadas en Ciudad Sandino Municipio de Managua son las mismas, se abordará este tipo de captación.

Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda.

El tipo de obra a emplearse es en función de las características de la fuente, de la calidad, de la localización, y su magnitud. La elección del tipo de captación vendrá condicionada en esencia por los siguientes factores:

- Características hidrogeológicas del sector.
- Características hidrodinámicas de los materiales del acuífero que se pretenda captar.
- Volumen de agua requerido.
- Distribución temporal de la demanda.
- Coste de las instalaciones de explotación y mantenimiento de la captación.

En definitiva se trata de conseguir un equilibrio entre los aspectos técnicos y económicos.

Las dimensiones y características de las obras de toma deben permitir la captación de los caudales necesarios para un suministro seguro a la población. Las modalidades que se puede presentar una obra de captación son fundamentales los siguientes:

Galerías

Zanjas drenantes

Pozos

3.2. Pozos.

Es una captación directa de agua que consiste en una perforación vertical, generalmente en forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que el de la profundidad, el agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo radial. Están debidamente diseñados y construidos que permite efectuar la extracción económica de un acuífero subterráneo.

Los pozos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Pozos Artesanos (excavados)

Pozos hincados (puyones)

Pozos Perforados (someros y profundos)

Según la profundidad a que se encuentre el agua se distingue también dos tipos de pozos:

- **Pozos Superficiales:** Son pozos que habitualmente se realizan de hormigón prefabricado en los casos en que los terrenos excavados se encuentran muy sueltos. Por el contrario pueden realizarse con piezas circulares metálicas en el caso de los suelos rocosos. El agua en este caso puede entrar por la parte inferior (fondo) o bien lateralmente. El diámetro del pozo depende de los caudales máximos demandados por el pozo y la conductividad hidráulica del acuífero.
- **Pozos Profundos:** Son pozos en los que es necesario descender a profundidades superiores a los 50 metros para alcanzar los acuíferos subterráneos. Los pozos profundos se construyen utilizando tubos de acero perforado (ademes) hincados el terreno. Los diámetros de estos pozos oscilan entre los pocos centímetros y un metro, dependiendo de los caudales de bombeos esperados. Para excavar dichos pozos es necesario emplear sistemas de rotación, de percusión o sistemas mixtos.

La selección de la clase de pozo que se necesita dependerá de los siguientes factores:

- Calidad y Cantidad del agua requerida.
- Profundidad del agua subterránea.
- Condiciones Geológicas.
- Disponibilidad de equipos para la construcción de pozos.
- Factores Económicos.

Las características de los pozos se establecerán de acuerdo con lo siguiente:

- El rendimiento total debe ser mayor que el consumo diario máximo.
- El diámetro del pozo depende esencialmente del equipo de bombeo a instalar. Conocida la producción del pozo, o el gasto que se desea obtener, se determina el diámetro en función de ese gasto.

Ver la siguiente tabla de clasificación de pozos:

Tabla 1

TIPOS DE POZOS

| CLASES DE POZOS | DIAMETRO PULGADAS (mm) | PROF. USUAL mt. | RENDIM. Gpm (lt/s) | METODO CONSTRUC. | UBICACIÓN |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|---|
| POZOS POCO PROFUNDOS: | | | | | |
| Excavados | 40-100 (1000)(2500) | 15 | 15-70 (1)(4.4) | Excavación | En las formaciones no consolidadas o rocas blandas |
| Incados | 1.2-4 (30)(100) | 15 | 8 (5) | Impelido por percusión | En las formaciones no consolidadas y sin grava ni rocas |
| POZOS PROFUNDOS: | | | | | |
| Por percusión | Hasta 20 (500) | Hasta 900 | 25-1500 (1.5)(94) | Equipo de percusión | En las formaciones de rocas consolidadas o de cantos |
| Por rotación | Hasta 20 (500) | Hasta 900 | 25-1500 (1.5)(94) | Rotatorio | En las formaciones no consolidadas |
| Por rotación | Hasta 20 (500) | Hasta 900 | 25-1500 (1.5)(94) | Rotatorio reversible | En las formaciones no consolidadas |

Fuente: NTON 09 003-99, Pag. 27

3.2.1. Longitud de succión del pozo.

La profundidad e instalación de la bomba deben estar definidas por las condiciones hidráulicas del acuífero y el caudal de agua a extraerse, tomando en consideración las siguientes recomendaciones:

- Nivel de bombeo, de acuerdo a la prueba de bombeo.
- Sumergencia de la bomba.
- Factor de Seguridad.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en verano e invierno.

- El diámetro del ademe del pozo debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- La línea de succión debe ser lo más corta y recta posible, deben evitarse los cambios de dirección, especialmente cerca de la bomba, esto únicamente de no ser una bomba sumergible, en caso de ser sumergible esto no se toma en cuenta.

Tabla 2

ADEMES MINIMO DE POZOS SEGÚN CAUDAL

| Capacidad del pozo | | Diámetro de ademe | |
|--------------------|--------|-------------------|------|
| gpm | (lt/s) | pulg | (mm) |
| 125 | 7.90 | 6 | 150 |
| 300 | 18.90 | 8 | 200 |
| 600 | 37.80 | 10 | 250 |
| 900 | 56.78 | 12 | 300 |
| 1300 | 82.00 | 14 | 350 |
| 1800 | 113.55 | 16 | 400 |

Fuente: NTON 09 003-99, Pag. 30

3.3. Estación de Bombeo.

Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor, se utilizan cuando la fuente de captación de agua potable se encuentra en un nivel más bajo de la red de distribución, por lo tanto, se hace necesario elevar el agua a un nivel más alto, donde se ubican los tanques de almacenamiento y distribución para que luego el agua llegue por gravedad a la población.

Los requisitos previos para diseñar una estación de bombeo de agua potable, previamente se deben conocer los siguientes aspectos:

- Fuente de abastecimiento de agua: superficial (cisterna de agua) o subterránea (pozo perforado).

- Lugar a donde se impulsará el agua: reservorio de almacenamiento o la red de distribución.
- Consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- Población beneficiada por el proyecto: actual y futura.
- Características geológicas y tipo de suelo del área de emplazamiento de la cámara de bombeo.
- Nivel de conocimiento de la población en donde operar el sistema.

Las estaciones de bombeo están compuestas por un conjunto de equipos, y estructuras necesarias para el buen funcionamiento de la unidad de bombeo, entre los componentes más básicos y principales tenemos:

- Caseta de bombeo
- Cisterna o fuente de abastecimiento para el bombeo.
- Equipo de bombeo (Motores y bomba impulsadora)
- Tubería de succión⁴ y de descarga
- Válvulas y accesorios
- Sistema de tratamiento de agua (Cloración)
- Sistema de encendido y apagado. (Control de operación)
- Cerca perimetral para protección al sistema de bombeo

La ubicación de la estación de bombeo debe ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Protección de la calidad del agua de fuentes contaminantes.
- Protección de inundaciones, deslizamientos, huaycos y crecidas de ríos.
- Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión o distribución.
- Disponibilidad de energía eléctrica, de combustión u otro tipo.
- Topografía del terreno. - Características de los suelos.

⁴ La tubería de succión únicamente en los casos que se requiera.

En los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable los Equipos de Bombeo tienen usos muy importantes:

- Redes de abastecimiento de agua potable, donde su uso es casi obligatorio, salvo en situaciones de centros poblados próximos de cadenas montañosas, con manantiales situados a una cota mayor.
- Para elevar el agua parcialmente en el sistema mismo, cuando las presiones mínimas no alcanzan los especificados por las normas.
- Para elevar el agua hacia un tanque de almacenamiento, para distribuir el agua hacia la red.

3.4. Carga Total Dinámica

Carga Total Dinámica (CTD) es la carga total contra la cual debe de operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe de suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende. La carga total dinámica para pozos perforados se calcula aplicando la siguiente fórmula

3.5. Potencia Requerida.

La potencia neta requerida del motor estará regida por:

- La potencia neta demandada por la bomba.
- Pérdidas por fricción mecánica en rotación del eje.
- Pérdidas en el cabezal de descarga.

Las pérdidas por fricción en el eje, para $v = 1760$ rpm y/o $\frac{3}{4}$ ", $1 \frac{1}{2}$ " varían entre 0.30 y 1.15 HP/100' de columna. Se tiene por norma usar un factor de 1.20 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba. Este factor

cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba velocidad de Operación

Se acostumbra usar la misma velocidad de operación de la bomba, y de ser posible se solicita que su velocidad no sobrepase los 1800 rpm, esto para cuando se utiliza equipos de bombeo convencional.

3.6. Línea de Conducción.

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y accesorios especiales destinados a transportar el agua desde el lugar de la captación hasta el sitio de entrega. Las aguas captadas a ser conducidas y distribuidas a la población se pueden transportar por gravedad o bombeo; a través de canales abiertos o conductores cerrados a presión dependiendo de la topografía del terreno.

3.6.1. Línea de conducción por gravedad.

Una línea de conducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía potencial disponible para conducir al gasto deseado. Esto conduce a la selección del diámetro mínimo, que satisfaciendo razones técnicas (Capacidad) permita presiones iguales o menores que la resistencia física del material.

3.6.2. Línea de conducción por bombeo.

En el caso de líneas de conducción por bombeo la diferencia de elevación es carga a vencer. Esta carga se ve incrementada en función de la selección de diámetros menores ocasionando mayores costos operacionales de equipos y de energía.

3.6.3. Golpe de Ariete.

Es un fenómeno transitorio que puede ocurrir en la tubería de descarga. Se denomina Golpe de Ariete al choque violento interno que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos, se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica.

En este caso debido a la inercia de las partes rotativas de los conjuntos elevadores, inmediatamente después de la falta de corriente eléctrica, la velocidad de las bombas comienza a disminuir, reduciéndose rápidamente el caudal; la columna líquida continua subiendo por la tubería de descarga, hasta el momento en que la inercia es vencida por la acción de la gravedad; durante este periodo se verifica una descompresión en el interior de la tubería; Enseguida, ocurre la inversión en el sentido del flujo y la columna líquida vuelve a las bombas.

No existiendo válvulas de retención, las bombas comenzarían, entonces, a funcionar como turbinas, girando en sentido contrario.

Con excepción de los casos en que la altura de elevación es pequeña, con descarga libre, en las líneas de bombeo son instaladas válvulas de retención o de check, con el objetivo de evitar el retorno del líquido a través de las bombas.

La corriente líquida, al retornar a la bomba, encontrando la válvula de retención cerrada, ocasiona el choque y la compresión del fluido, lo cual da origen a una onda de sobrepresión (Golpe de Ariete). Las medidas para evitar el Golpe de Ariete son:

- a) Limitación de la velocidad en las tuberías.
- b) Cierre lento de válvulas y registros, construcción de piezas que no permitan la obstrucción muy rápida.
- c) Empleo de válvulas y dispositivos mecánicos especiales, válvulas de alivio.
- d) Utilización de tuberías que puedan soportar sobrepresiones ocasionadas por el golpe de ariete.
- e) Instalación de cámaras de aire comprimidas que proporcionen el amortiguamiento de los golpes. El mantenimiento de estos dispositivos requiere ciertos cuidados, para que se mantenga el aire comprimido en las cámaras.⁵

3.7. Red de Distribución.

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos; con el fin de proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios.

La red de distribución está formada por tubería principal, llamada también circuitos troncales o maestras y por tuberías secundarias o de relleno. Las conducciones primarias o arterias principales forman el esqueleto del sistema de distribución, se sitúa de tal forma que transporta grandes cantidades de agua desde la estación elevada a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida. Las conducciones secundarias forman anillos más pequeños dentro de las arterias principales entrelazándolas entre sí, transportando grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal y el caudal para extinción de incendios.

⁵ En las que se debe tener más cuidado son en las cámaras de aire comprimido que son manuales ya que un mal manejo de estas puede crear un choque y crear una sobrepresión de no se allá calculado, por lo que se recomienda utilizar válvulas de aire automáticas (Ventosas)

La red de distribución tiene las funciones de suministrar agua a los diferentes consumidores en cantidad suficiente y entregar un agua sanitariamente segura y con las presiones adecuadas para garantizar su caudal constante.

3.7.1. Tipo de redes.

Las redes de distribución de agua se estructuran según el tipo de función que vaya a desempeñar y tiene una relación directa con la serie decreciente de los diámetros con el fin de ajustarse a la distribución de consumos, a la reducción de pérdidas de carga o hacer frente a situaciones imprevistas tomando en cuenta reducir el coste, topografía, de la vialidad, y de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del tanque de almacenamiento puede determinarse el tipo de red de distribución.

3.7.2. Redes ramificadas.

Son redes de distribución constituidas por ramales, troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas o ramales ciegos. Este tipo de red es usada cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales.

3.7.2.1. Redes malladas.

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y se tratará siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías a fin de crear circuitos cerrados que permitan un servicio más eficiente y permanente.

3.7.3. Redes mixtas.

Las redes se caracterizan por tener una parte del sistema mallado y otra parte del sistema ramificado. En la parte ramificada la obtención de los caudales que circulan por las conducciones será sencilla. Para el cálculo de los tramos mallados será necesario la aplicación de la ecuación de la energía o bien formular alguna ecuación de equilibrio en la malla.

Las redes mixtas son sumamente frecuentes en las redes de abastecimiento. Con frecuencia se opta por una distribución mallada al nivel de las arterias o conducciones principales del sistema y por una estructura ramificada en los ramales de menor importancia.

En cualquier caso, los tramos ramificados no deben tener una longitud superior a 300 ni deben abastecer a más de 200 viviendas, ya que en caso de disminución de caudales el volumen de agua atrapada es importante. Los problemas de pérdida de calidad del agua pueden ser importantes cuando no se mantiene los valores de referencia anteriores.⁶

3.8. Almacenamiento.

Los tanques de almacenamientos juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, así como su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente, continuo, oportuno, satisfactorio y económico a la población, pues debe reservar una cantidad de agua suficiente para cubrir cualquier eventualidad del sistema, tal como falta de energía en el equipo de bombeo, o reparaciones del mismo, incendios, y variaciones de consumo.

Un tanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

⁶ Estos parámetros establecidos por Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua, INAA, abril, 1999

- Compensar las variaciones de consumo diario (durante el día).
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Atender situaciones de emergencia, tales como incendios, interrupciones en el servicio por daños de tubería de conducción o de estacionamiento de bombeo.

Además, equilibra el suministro de aportación constante dado por las bombas con régimen de demanda variable en la red de distribución. Esto se consigue almacenando agua durante la noche cuando el consumo es bajo y la presión es alta, a esta agua almacenada se le conoce como Volumen Compensador. Existen dos tipos de tanques para agua tratada:

- Tanques apoyados en el suelo.
- Tanques elevados.

Para la ubicación del tanque se debe buscar un sitio adecuado topográficamente lo más cerca posible a la red de distribución y de acuerdo a su ubicación el tanque de almacenamiento puede ser de Alimentación cuando se ubica entre la fuente de abastecimiento y la red de distribución, o de Excedencia (cola), cuando se ubica dentro o fuera de la red.

Pérdidas en el sistema⁷: Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye a lo que se conoce como fugas en el sistema y/o desperdicio del sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua, el porcentaje está fijado en el 20 % del CPD para sistemas nuevos.

⁷ Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua INAA. 2001

IV. Diseño Metodológico.

El diseño metodológico utilizados en el presente trabajo son los establecidos por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)⁸, a través las normas de diseño de abastecimiento de agua potable y potabilización de las aguas.

Se hace saber que algunos criterios han sido adaptados de acuerdo a la realidad observada en los estudios investigativos en el campo y con la disponibilidad de información.

4.1. Proyección de la población.

Es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipos de bombeo, planta de potabilización y futuras extensiones del servicio. Por lo tanto, es necesario predecir la población futura para un número de años, que será fijada por los períodos económicos del diseño.

Los métodos de cálculo a continuación se dan algunos métodos de cálculo, sin que ellos sean limitantes para su uso. Cada Ingeniero Projectista está en libertad de seleccionar la tasa de crecimiento y el método de proyección usado.

- **Método saturación:** Este método se aplica a pequeñas comunidades en especial en el área rural y a ciudades con crecimiento muy estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas las cuales aplica en proyectos residenciales.

⁸ Normas de diseño de abastecimiento de agua potable y potabilización de las aguas.
NTON – 05010 – 98.

- **Tasa de crecimiento geométrico:** Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas basándose en el crecimiento histórico.

1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4% 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5% 3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:

a) Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual. b) Menor del 2.5% la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%. c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

1.3.3 Tasa de crecimiento a porcentaje decreciente Este método es aplicable a poblaciones que por las características ya conocidas se le note o constate una marcada tendencia a crecer a porcentaje decreciente.

- **Método por porcentaje de saturación:** Este método (“The Logistic Grid”) trata de determinar la población de saturación para un lugar determinado, luego de conocer sus tasas de crecimiento para varios períodos de tiempos anteriores. Conociendo esa población de saturación, se determinan los porcentajes correspondientes de saturación, basado en las poblaciones de los censos anteriores.

Se construye luego sobre un papel especial de coordenadas “Logistic Grid”, que tiene por abscisas los lapsos de tiempo en años y por ordenadas los tantos por cientos de saturación de la población para esos lapsos de tiempos anteriores. Se prolonga luego esa línea hasta el año para el cual se desea conocer la nueva población, determinando por intercepción, qué porcentaje de saturación habrá adquirido la población para ese año. Se multiplica ese porcentaje, expresado en decimal, por la población de saturación y se obtiene la población futura para el número de años en el futuro acordados en el diseño.

4.2. Capacidad de la fuente de abastecimiento.

El caudal máximo recomendado para la explotación del pozo estará sujeta a las variaciones del consumo y estará expresada en porcentajes de la Demanda Promedio Diaria, se espera **sea igual o superior a 1.5 veces del Consumo Promedio Día, (CPD).**

Esta opción será considerada solo en los casos que exista:

1. Disponibilidad de fuente de abastecimiento.
2. Disponibilidad de energía eléctrica.
3. Capacidad de pago de la comunidad.

Si no se puede aplicar esta opción se procurará adoptar cualquier de los otros tipos de sistemas. Si no existe otra opción técnica de uno o más pozos. Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes:

- a) El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- b) El caudal de explotación de bombeo estará en función de un periodo de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- c) El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QPD).

4.3. Población de diseño.

La población a servir es el parámetro básico el cual se diseñan los elementos de las obras de abastecimiento de agua, lográndose establecer diferentes criterios para la estimación de la misma, dependiendo de las características de la población objeto de estudio, el tipo y configuración de la localidad.

La población de diseño se calculará usando el **Método saturación**, conocido por conocer población de área de estudio y esta no presenta áreas o presenta muy pocas áreas de crecimiento de habitantes, en una vivienda con un valor esperado o conocer el máximo crecimiento para varios periodos de tiempos anteriores. Conociendo esa población de saturación se determina los valores correspondientes de habitantes máximos por vivienda basada en los datos presentes en los planos. Luego si el lugar tiene un límite de vivienda como es el caso, se procede a calcular la población, este método es más aplicable a zonas residenciales o lugares donde se conoce los límites de viviendas a construir y que no varía en el periodo de diseño del sistema y si llegara a cambiar se tendrá que volver a realizar el diseño.

4.4. Nivel de servicio y dotación.

Se denomina nivel de servicio a la forma final de aprovisionamiento de agua. Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar valores de consumo medio diarios contenidos en los numerales siguientes para el diseño del sistema de agua potable.

Dotación de agua: se expresa como la cantidad de agua por persona por día, es un parámetro dependiente del nivel de servicio adoptado, de los factores geográficos, climatológicos y culturales para el uso del agua.

En las normas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable revisada y editada por la Dirección de Normas de Construcción del Ministerio de la Construcción y Transporte, Junio 1989, dicta para las ciudades y localidades del resto del país, se usaran los porcentajes de acuerdo a la dotación domestica diaria, en los casos especiales se examinara en forma detallada y estos son los valores de consumo a tomar en cuenta en el diseño.

Se considera utilizar la dotación para la ciudad de Managua, esto debido a la cercanía con la ciudad capital que está a tan solo 12 km, lo que deja el proyecto, dentro del radio de crecimiento de la misma por lo que se debe considerar de esta manera la dotación, y este proyecto tendrá la posibilidad de hacer una etapa adicional, si fuese requerido.

Conexión doméstica.

Se usarán las cifras contenidas en el cuadro siguiente: (las siguientes **dotaciones** que se plantean corresponden a las recomendadas por **INAA**⁹.

TABLA 4

| Clasificación de barrios | DOTACIONES | |
|---|------------|------------|
| | gl/hab/dia | lt/hab/dia |
| Asentamientos progresivos | 10 | 38 |
| Zonas de máxima densidad y de actividades mixtas | 45 | 170 |
| Zonas de alta densidad | 40 | 150 |
| Zonas de media densidad | 100 | 378 |
| Zonas de baja densidad | 150 | 568 |

Fuente: NTON 09 003-99, Pág. 10

TABLA 5

| Consumo | Porcentaje |
|-------------------------|------------|
| Comercial | 7 |
| Público o Institucional | 7 |
| Industrial | 2 |

Fuente: NTON 09 003-99, Pág. 12

⁹ Información que obtuve de la “NTON para Abastecimiento de agua potable”

Agua para incendio.

La cantidad de agua que todo acueducto debe tener disponible para combatir la eventualidad del incendio, estará adecuada a la capacidad del sistema y al rango de la población proyectada. Ver tabla 6.

TABLA 6
CAUDALES CONTRA INCENDIO

| Rango de Población | | Caudales | | Caudales por toma |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--|
| De | A | gpm | gpm | gpm (lt) |
| 0 | 5000 | No se considera | | |
| 5000 | 10000 | 80 (5) | 200 (13) | 1 toma de 150 (9) |
| 10000 | 15000 | 200 (13) | 550 (35) | 1 toma de 250 (16) |
| 15000 | 20000 | 350 (22) | 550 (35) | 2 tomas de 250 c/u (16) |
| 20000 | 30000 | 550 (35) | 1000 (63) | 3 tomas de 250 c/u (16) |
| 30000 | 50000 | 1000 (63) | 1500 (95) | 2 tomas de 500 c/u (31) |
| 50000 | 100000 y más | 1500 y más (95) | | 3 tomas de 500 c/u (31) de acuerdo a la importancia del lugar. |

Fuente: NTON 09 003-99, Pag. 13

4.5. Consumo promedio diario (CPD).

El caudal promedio diario se expresa de la siguiente manera:

$$CPD = \text{Dotación} * \text{Habitantes} = [l/p-d]$$

(d)

Siendo esto el producto de la dotación del año en estudio por la población total del mismo año.

4.6. Consumo promedio diario total (CPD_T).

El Consumo Promedio Diario Total (CPDT), sería calculado mediante el producto de porcentaje de pérdidas (1.20) en el sistema por el Consumo Promedio Diario (CPD).

El Consumo Promedio Diario Total para este diseño se refiere al resultado obtenido de la suma del Consumo Promedio Diario por Conexión Domiciliar más la suma del Consumo Promedio Diario por conexión Público.

4.7. Variaciones de Consumo.

El Consumo Máximo Día (CMD), se estima utilizando el factor de variación diaria de 1.5 con respecto al Consumo Promedio Diario (CPD), según lo establecido por INAA.

$$CMD = 1.5 * CPD = [l/p-d]$$

(e)

El Consumo Máximo Hora (CMH), se estima utilizando el factor de variación horario de 2.5 con respecto al Consumo Promedio Diario (CPD), según lo establecido por INAA.

$$CMH = 2.5 * CPD = [l/p-d]$$

(f)

Por lo tanto, se aplica para Consumo Promedio Diario (CPD), lo referido en este documento, tomando en consideración que el Consumo Promedio Diario Total (CPDT), para este diseño, se refiere al resultado obtenido de la suma del Consumo Promedio Diario por conexión domiciliar más la suma del Consumo Promedio Diario por Conexión Publica.

4.8. Línea de conducción.

La capacidad de esta deberá ser suficiente para transportar el Gasto Máximo Día.

Se **diseña** bajo la condición del **Consumo de Máximo Día**, a finales del periodo de diseño, el cual resulta en aplicar el factor de 1.5 al Consumo Promedio Diario Total (CPDT).

La línea de conducción **va directamente de la Estación de Bombeo al Tanque de Almacenamiento**.

En el cálculo hidráulico de esta línea de conducción, las perdidas por fricción serán determinadas mediante el uso de la fórmula de Hazen-William o similar.

$$\frac{H}{L} = hf = \frac{10.678 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \phi^{4.87}} \quad (g)$$

Dónde:

Q: metros³/ segundo [m³/s]

Φ: diámetro en metros [m]

L: longitud en metros [m]

hf: pérdidas de carga [m/m]

Para la determinación del mejor diámetro, deberá elaborarse el análisis económico correspondiente, conocido este como **diámetro económico de bombeo**¹⁰, tomando en cuenta los costos del consumo de energía, costo de las tuberías y los costos totales de operación y mantenimiento a través del tiempo. La alternativa que presenta los menores costos fijara el diámetro más económico.

¹⁰ Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, (MONOGRAFIA), Carlos Molina y Francy López, Oct. 1997

4.9. Pozos.

Una vez seleccionado el pozo basándose en los criterios establecidos para la selección de pozos y tomando en cuenta las características del proyecto en estudio se requiere saber la longitud del pozo la cual se realizara mediante la siguiente ecuación:

La profundidad del pozo será tal que penetre suficiente dentro del acuífero, con el objeto de disponer de una longitud adecuada del filtro.

La capacidad específica (galones x minutos por pies de depresiones) = (CE) se determinará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CE = \frac{\text{Rendimiento (gpm o lts)}}{\text{Depresion (pie o mts)}}$$

Dónde:

Depresión = (Nivel estático – Nivel de bombeo) (pie o mts)

Rendimiento = Producción de agua en gpm o lts

La capacidad específica se utilizará para determinar las características del equipo de bombeo a utilizar o proponer.

4.10. Carga Total Dinámica

Carga Total Dinámica (CTD): Es la carga total contra la cual debe de operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe de suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende. La carga total dinámica para pozos perforados se calcula aplicando la siguiente fórmula

$$\text{C.T.D} = (\text{Nivel de Rebose menos nivel de terreno del tanque}) + (\text{Nivel de Bombeo}) + (\text{Perdidas en la succión}) + (\text{Perdidas en la descarga})^{11}.$$

En mi caso como será utilizada una bomba sumergible se estará despreciando para el cálculo del C.T.D la pérdida por succión ya que este tipo de bomba no cuenta con tubería de succión. Por lo que la formula queda de la siguiente manera:

$$\text{C.T.D} = (\text{Nivel de Rebose menos nivel de terreno del tanque}) + (\text{Nivel de Bombeo}) + (\text{Perdidas en la descarga}).$$

4.11. Potencia Requerida.

. Para determinar la potencia hidráulica de la bomba se usará la siguiente fórmula¹²:

$$P_B = \frac{Q * C.T.D.}{3960}. \quad (c)$$

Dónde:

P_B : Potencia de la Bomba (HP).

Q : Caudal de Bombeo o Consumo de Máximo Día (gpm).

CTD : Carga Total Dinámica (Pies).

¹¹ La pérdida por fricción en la succión únicamente se aplica en bombas centrífugas o jet, en las que se requiere tubería de succión.

¹² Esta fórmula está de manera representativa ya que únicamente se utiliza en bombas sistemas de ejes horizontales o verticales, en los que el motor posee un eje de transmisión y están conectadas de manera paralela.

V. Análisis y presentación de resultados.

5.1. Período de diseño.

Cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los periodos de diseño para cada componente del sistema.

El cual la tabla 3 ubicada en la página 10 de este documento menciona que debe considerar normativo para estos aspectos.

Considerando la vida útil de las estructuras y equipos que componen el sistema de agua, crecimiento de la población, como posibles desarrollos o cambios en la zona que dificulten realizar ampliación del proyecto, comportamiento de las obras en los primeros años de operación; **se estima se alcanzara en un periodo de 20 años.**

El periodo de diseño de 20 años concierne desde el año **2016 hasta el año 2036**, realizándose así un análisis técnico de cada una de las partes del sistema para dicho periodo.

5.2. Proyección de la Población.

La determinación de la población esperada a lo largo del periodo de diseño, se basa en la proyección según lo establecido para la vida útil del proyecto de urbanización crecimiento geográfico controlado y con un límite de viviendas en el área de estudio, teniendo como dato los **resultados del conteo habitacional según plano de ante-proyecto poblacional efectuado por el Br. Roger Roberto Jerez Esquivel.**

La población total de la zona de estudio comprendida **por los habitantes que se ubicaran posteriormente en 1,529 viviendas según lo observado en los planos poblacional efectuado para el diseño los cuales se encuentran según el “anexo C”**.

Aclarando que al no existir datos antecedentes de población por ser un proyecto de urbanización donde la población llegara a poblar, esto permite inferir las tendencias futuras de crecimiento de esta zona, sabiendo que esto será limitado en el mejor de los casos, pero no existirá crecimiento futuro una vez se sature el proyecto.

Nota: Se pudo observar que los habitantes por vivienda oscilaban de 3 a 6 habitantes por vivienda lo cual será tomado en cuenta a la hora de realizar el cálculo total de habitantes para la dotación y a la hora de la distribución de las conexiones.

Ver Anexo III de Población de Diseño.

5.3. Estimación de Consumo

La proyección de consumos de la población durante el periodo de diseño, se basa en la proyección de población. Tales consumos incluyen: Consumo Promedio Diario Total, Consumo Máximo Día y Consumo de Máxima Hora, siendo expresados cada uno en Litros por segundo. Los criterios empleados en la determinación de los consumos se han mencionado en el CAPITULO VII.

El nivel de servicio a adoptar corresponde a un 100% de conexión domiciliar, dejando claro que será una conexión domiciliar donde el beneficiado poseerá una llave domiciliar de la vivienda, sin ampliación a ningún otro tipo de conexión durante el periodo de desarrollo de este proyecto, pero dejando el trabajo para una futura ampliación en que exista mejor financiamiento y más personal técnico para su mantenimiento y así asegurar la vida útil que demanda para las otras conexiones.

En los resultados reflejados en el Anexos de Consumo, **Proyección de Demanda de Consumo (Consumo Promedio Diario Total), Cuadro Calculo del Consumo Máximo Día y Consumo de Máxima Hora**, se puede observar que:

- El Consumo Promedio Diario Total tiene un valor de 16.03 l/s (254.08 gpm).
- El Consumo de Máximo Día tiene un valor inicial, 25.01 l/s (396.46 gpm)
- El Consumo de Máxima Hora, varia de 28.86 lps (457.49 gpm).

Tabla 7
Cálculo del consumo máximo día y Consumo de Máxima hora.

| nodo | Elev. | Nº | habit./ | Pob. | Dot. | CPD | Pérdidas | CPDT | FMH | CMH | FMD | CMD |
|-------|-------|----------|----------|------|-------|-------|----------|-------|-----|-------|-----|-------|
| | m | Vivienda | vivienda | Hab | l/p-d | l/s | l/s | l/s | | l/s | | l/s |
| 1 | 79.00 | 173 | 6 | 1038 | 151 | 1.81 | 0.36 | 2.18 | 1.5 | 3.27 | 1.3 | 2.83 |
| 2 | 74.75 | 182 | 6 | 1092 | 151 | 1.91 | 0.38 | 2.29 | 1.5 | 3.44 | 1.3 | 2.98 |
| 3 | 75.00 | 0 | 6 | 0 | 151 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.5 | 0.00 | 1.3 | 0.00 |
| 4 | 76.26 | 236 | 6 | 1416 | 151 | 2.47 | 0.49 | 2.97 | 1.5 | 4.45 | 1.3 | 3.86 |
| 5 | 74.00 | 45 | 6 | 270 | 151 | 0.47 | 0.09 | 0.57 | 1.5 | 0.85 | 1.3 | 0.74 |
| 6 | 73.85 | 171 | 6 | 1026 | 151 | 1.79 | 0.36 | 2.15 | 1.5 | 3.23 | 1.3 | 2.80 |
| 7 | 74.47 | 191 | 6 | 1146 | 151 | 2.00 | 0.40 | 2.40 | 1.5 | 3.61 | 1.3 | 3.12 |
| 8 | 71.60 | 155 | 6 | 930 | 151 | 1.63 | 0.33 | 1.95 | 1.5 | 2.93 | 1.3 | 2.54 |
| 9 | 70.55 | 81 | 6 | 486 | 151 | 0.85 | 0.17 | 1.02 | 1.5 | 1.53 | 1.3 | 1.33 |
| 10 | 71.70 | 177 | 6 | 1062 | 151 | 1.86 | 0.37 | 2.23 | 1.5 | 3.34 | 1.3 | 2.90 |
| 11 | 72.00 | 62 | 6 | 372 | 151 | 0.65 | 0.13 | 0.78 | 1.5 | 1.17 | 1.3 | 1.01 |
| 12 | 73.15 | 56 | 6 | 336 | 151 | 0.59 | 0.12 | 0.70 | 1.5 | 1.06 | 1.3 | 0.92 |
| 13 | 73.45 | 0 | 6 | 0 | 151 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.5 | 0.00 | 1.3 | 0.00 |
| Total | | 1529 | | 9174 | | 16.03 | 3.21 | 19.24 | | 28.86 | | 25.01 |
| | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado según los cálculos dotación y población.

5.4. Fuente de Abastecimiento.

La ubicación se utilizó es la que cuenta con los criterios principales para selección del sitio a que se puede utilizar. Estos criterios principales son: Disponibilidad de predio donde se ubicará el pozo, Servicio Eléctrico (monofásico o trifásico), y Accesibilidad para la población.

La construcción del pozo es con el propósito de obtener el caudal de diseño que satisfaga la demanda (para 20 años).

La información requerida necesaria para realizar el diseño para el pozo debe ser la siguiente:

- Geológica: Información estratigráfica. Características físicas de los acuíferos (permeabilidad, rendimiento específico, coeficiente de almacenamiento, etc.).
- Hidrológico: Nivel Piezómetro para el cual es necesario conocer la profundidad y los cambios de altura de las capas freáticas.
- Precipitación anual, escorrentía y posibles recargas al sub-suelo, pérdidas por evaporación, transpiración y descargas de aguas subterráneas
- Calidad de agua: Características minerales del agua de cada acuífero

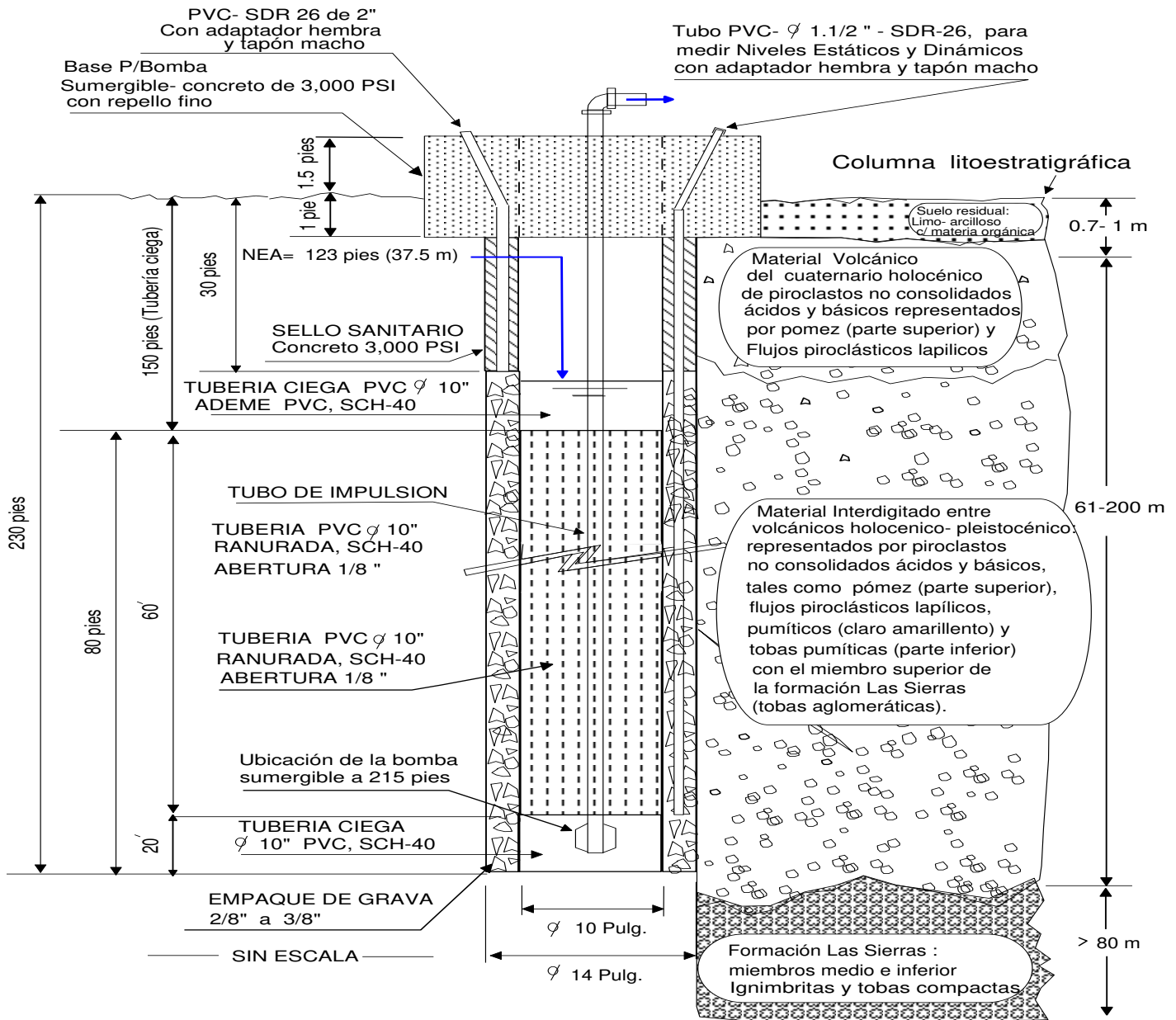
Existiendo una clasificación para los tipos de pozos estos siendo pozos pocos profundos y profundos, a continuación, la gráfica detalla dicha clasificación:

5.5. Pozo

El diseño¹³ propuesto para el pozo en este sitio será de acuerdo al siguiente gráfico:

Grafico 1

Diseño Pozo Perforado - Proyecto de Urbanización Bethel



¹³ EL diseño presentado tiene origen de la fuente dueña del anteproyecto VIENICSA

Para verificar que la capacidad del pozo que se realizara se debe realizar Pruebas de bombeo (Pruebas de aforo de caudal), la cuales consistirán en utilizar analizar el pozo permanente con uno o más pozos de observación, que estarán a 4 a 5 metros de distancia del pozo permanente y tendrán diámetros mínimos de 100 mm (4"). La duración mínima del bombeo de prueba será de 48 horas, con esta prueba se obtendrá la siguiente información:

- Nivel estático inicial en cada pozo.
- Caudal de bombeo.
- Recuperación del nivel estático

Datos de prueba de Aforo de caudal al pozo¹⁴

Prueba de caudal a descarga libre al 100% abierta la válvula de 20 Horas continuas:

De 0 a 90 minutos: Caudal de Bombeo inicial: **960.00 GPM**
Presión de red: 0

De 90 a 120 minutos: Caudal de Bombeo mejoró a: **964.00 GPM**
Presión de red: 0

De 120 a 140 minutos: Caudal de Bombeo mejoró a: **966.00 GPM**
Presión de red: 0

De 140 a 420 minutos: Caudal de Bombeo mejoró a: **968.00 GPM**
Presión de red: 0

De 420 a 960 minutos: Caudal de Bombeo mejoró a: **970.00 GPM**
Presión de red: 0

De 960 a 1200 minutos: Caudal de Bombeo mejoró a: **972.00 GPM**

¹⁴ Los datos del aforo fueron elaborados por el dueño del anteproyecto VIENICSA

Presión de red: 0

Observaciones:

- 1 - El caudal de bombeo mejoró durante la prueba **12 gpm** al caudal inicial registrado.
- 2 - No se pudo realizar prueba de rebajamiento de nivel por no haber acceso de medición.

PONTECIA REQUERIDA.

La potencia neta demandada por la bomba se determinó usando la fórmula:

$$P_B = \frac{381.08 \text{ gpm} \times 230 \text{ pies}}{3600 \times 75\%} \text{ (h)}$$

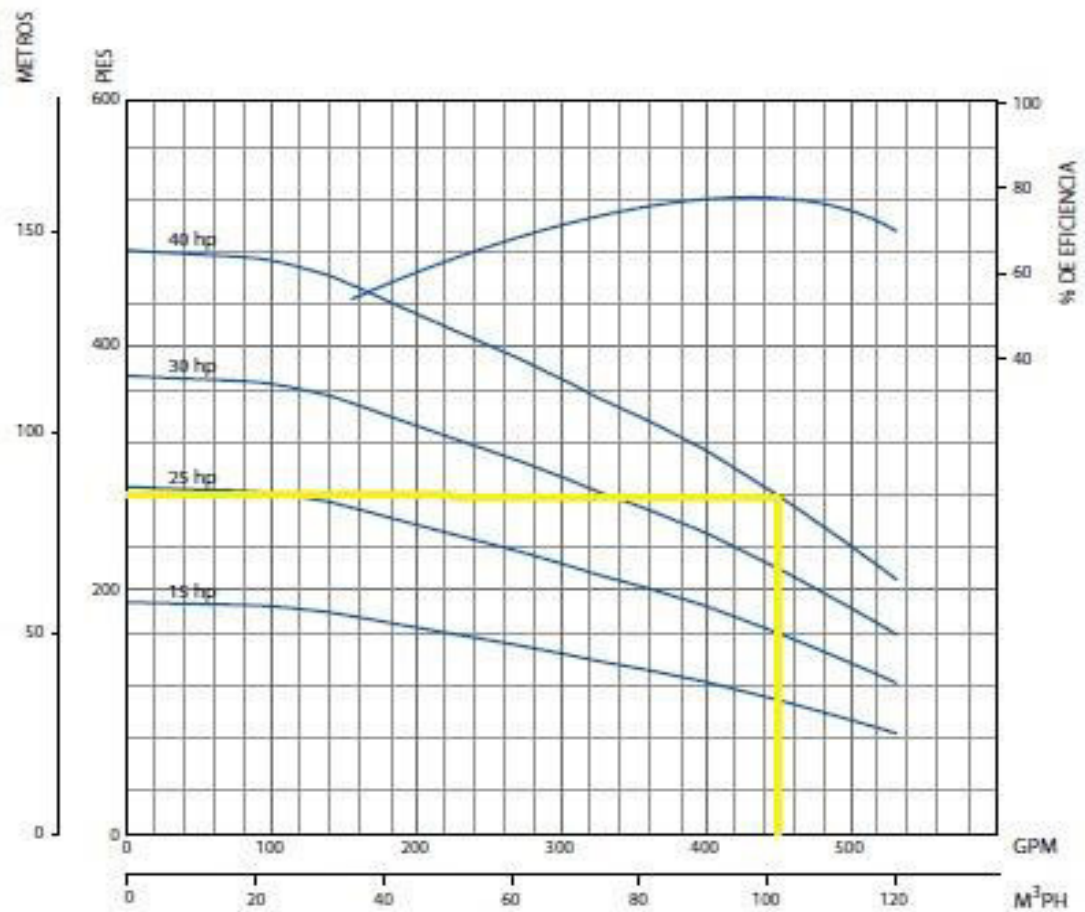
$$P_B = \frac{87,648.40}{2700}$$

$$P_B = 32.462 \approx 40 \text{ HP}$$

Nota:

- 1 - Instalado un equipo de Turbina Vertical de **40 HP**, 460 Voltaje, 140 Amp, trifásico.
- 2 – Instalado una longitud de columna de **215.00 pies * 10"**
- 3 – Profundidad del pozo de **230' pies.**
- 4 – Diámetro externo **del pozo de 14"**
- 6 – Nivel estático inicial NEA: **123.00 PIES**

Ficha técnica y curvas de rendimiento de la bomba seleccionada



FPS
SR series

Bombas Sumergibles

Bombas Sumergibles de Acero Inoxidable de 8"

Especificaciones para 400 GPM

Información sobre Dimensiones

| HP | Etapas | D* | Tamaño de Motor | Diámetro c/Guardacable | P* | Peso Bomba Lbs. |
|----|--------|----|-----------------|------------------------|-------|-----------------|
| 15 | 2 | 4" | 6" | 7.34" | 25.3" | 70 |
| 25 | 3 | 4" | 6" | 7.34" | 30.3" | 81 |
| 30 | 4 | 4" | 6" | 7.34" | 35.2" | 92 |
| 40 | 5 | 4" | 6" | 7.34" | 40.2" | 103 |

*Nota: D = Descarga, P = Longitud de la bomba



| Descripción de las Partes | Material | |
|---|--------------------------|---------|
| | Tipo | ANSI |
| Carcasa Exterior | Acero Inoxidable | 316 |
| Adaptador de motor y brida | Acero Inoxidable | 316 |
| Filtro de succión | Acero Inoxidable | 316 |
| Cabezal de descarga | Acero Inoxidable | 316 |
| Ensamble de válvula de retención | Acero Inoxidable | 316 |
| Sellado de empaque | Caucho de Nitrilo (NBR) | N/A |
| Anillo de tope | Acero Inoxidable | 316 |
| Resorte | Acero Inoxidable | 316 |
| Eje de la bomba | Acero Inoxidable | 329 |
| Manguito del cojinete superior | Carburo de Silicio (SiC) | N/A |
| Acoplamiento de motor | Acero Inoxidable | 316/329 |
| Difusor | Acero Inoxidable | 316 |
| Anillo de cierre flotante | Teflón (PTFE) | N/A |
| Casquillo del buje secundario | Caucho de Nitrilo (NBR) | N/A |
| Anillo de cierre de fijación para brida | Acero Inoxidable | 316 |
| Impulsor | Acero Inoxidable | 316 |
| Manguito | Acero Inoxidable | 316 |
| Tuerca de manguito | Acero Inoxidable | 316 |
| Guardacable | Acero Inoxidable | 316 |
| Carcasa exterior con inserto de bloqueo | Acero Inoxidable | 316 |
| Arandela de empuje | Acero Inoxidable | 329 |
| Disco de empuje | Teflón (PTFE) | N/A |
| Arandelas y Tornillos | Acero Inoxidable | 316 |



M00-44sp

5.6. Cálculos básicos.

5.6.1. Población de diseño (Pd)

Urbanización Bethel: 1,529 lotes

Índice de saturación: 6 Hab./lote

Población de diseño: 9,174 Habitantes

5.6.2. Consumo Promedio Diario (CPD)

CPD = 9,174 Hab. x 151 Lts/Hab-día = **16.03 Lps**

5.6.3. Consumo Promedio Diario Total (CPDT)

CPDT = 1.20 x 16.03 = 19.24 lps

5.6.4. Caudal de diseño (Consumo Máximo Día)

CMD = 1.5 x 16.03 lps = 24.04 lps

5.6.5. Caudal de diseño (Consumo Máximo Hora)

CMH = 2.5 x 16.03 lps = 40.07 lps

5.6.6. Volumen de almacenamiento requerido (Vol_r)

Vol_r = 305,107 glns x 40 % = 122,042 glns

5.6.7. Volumen de agua para incendio (Vol_{inc})

Vol_{inc} = 150 gpm x 120 min = 18,000 glns

5.6.8. Volumen Total de almacenamiento (Vol_t)

$$Vol_t = 122,042 + 18,000 = 140,042.88 \text{ glns} \sim \mathbf{150,000 \text{ glns}}$$

Actualmente en la zona no se encuentra con ninguna fuente de abastecimiento en la localidad, aprovechando la proximidad a los acuíferos subterráneos localizados en la zona, por tanto se construirá un pozo en la zona más adecuada que cumpla con las condiciones mínimas recomendadas para este tipo de proyectos, para luego conducir el vital líquido directamente a los tanques de almacenamiento y luego a la red de distribución.

El pozo propuesto para anexar deberá dar una cobertura a la población futura, esto con un caudal de 18.00 l/s teniendo una profundidad de 230 pies.

5.7. Almacenamiento para la zona de estudio.

Para compensar las fluctuaciones en los consumos de Máximo Día y Máxima Hora, se construirá tanques de almacenamiento.

Considerando la topografía del terreno en la zona de estudio se construirá tanques elevados sobre torres de acero y estará cimentado por medio zapatas aisladas de concreto reforzados, con una altura de 15.00 metros. Para lograr presiones deseadas en la red. La ubicación de estos tanques se propone conforme al análisis que se haga, pero el cual a la hora de realizar el proyecto. El volumen total a almacenar es de 150,000 galones siendo una cantidad de grandes proporciones para ubicarlos sobre torre por lo que se dividirá en dos tanques debido a la cantidad de calculada para que estos sean más económicos y con un diseño manejable para la urbanización, teniendo en cuenta que por estar en dos tanques separados, se le toma en cuenta la realización de cualquier mantenimiento futuro que vaya a necesitar, la urbanización siempre contaría con su sistema de abastecimiento en funcionamiento, si se acata dicha propuesta.

Se instalarán todos los accesorios necesarios: tubería de limpieza, tubería de entrada y de salida, válvula de cierre en tubería de entrada y salida, escaleras, tapa de visita.

Dado que la capacidad del tanque debe satisfacer las condiciones de un **Volumen Compensador** necesario para las variaciones horarias del consumo, **se estima un 25% del Consumo Promedio Diario** y un **Volumen de Reserva** para atender las eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, **se estima un 15% del Consumo Promedio Diario**.

Para efectos de cálculo se basó en el período de diseño del sistema de agua, en cuya proyección de demanda futura se espera un Consumo Promedio Diario de 57, 708.00 litros por hora siendo equivalente a 15,246.50 galones por hora, en donde se toma en cuenta que existe un bombé hacia el tanque de almacenamiento de 6 horas, el volumen para efecto de cálculo será de 346, 248.02 lts equivalente a 91, 479 galones:

$$\text{Volumen Compensador} = 25\% \times \text{Consumo Promedio Diario} = 0.25 \times 346,248.02 \text{ litros} = 86,562 \text{ litros} = 22,869.75 \text{ glns}$$

Volumen Compensador = 22,869.75 glns

$$\text{Volumen de Reserva} = 15\% \times \text{Consumo Promedio Diario} = 0.15 \times 346,248.08 \text{ litros} = 51,937.21 \text{ lts} = 13,721.85 \text{ glns}$$

Volumen de Reserva = 13,721.85 glns

Se obtiene así a través de la sumatoria un **Volumen de Almacenamiento** = 36,591.60 glns + 140,042.88 glns, siendo el total de **176,635 glns**, equivalente aproximadamente a 574 metros cúbicos, los cuales serán divididos en dos tanques con el mismo diseño y características.

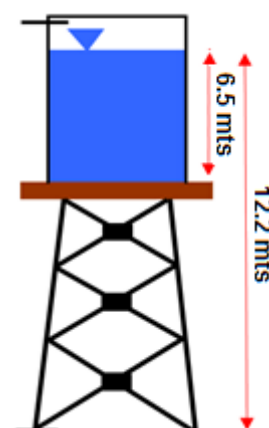
En la Tabla se muestran las características del tanque de almacenamiento de agua.

5.7.1. Características del Tanque de almacenamiento

Tabla 8

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Tipo de Tanque | Elevado sobre torre de acero |
| Capacidad | 75,000 litros |
| Diámetro | 4.4 metros |
| Altura | 6.5 metros |
| Elevación de rebose | 101.50 metros |
| Elevación de Terreno | 89.30 metros |

Imagen 3



El tanque será cilíndrico, que por condiciones de diseño será realizado a mano por una metalúrgica que tenga experiencia en la realización de dichos tanques, para que mantengas las condiciones descritas. La estructura de la torres es de acero está diseñada para soportar cargas vivas, muertas, viento, sismo y el mismo peso del agua en el tanque.

Las columnas de la torre serán cajas rectangulares elaboradas por perlines de 6"x 3"x1/4", las cuales estarán sujeta a una placa base por medio de 4 atizadores 1/4" de espesor, la placa base será 16"X16"x3/8" fijada por medio de 8 varillas roscadas de $\varnothing = 6/8"$. Los arriostres horizontales y las cruces de San Andrés estarán unidos a la columna circular por medio de placa de 8"x8"x3/16". Los arriostres horizontales en la torre serán cajas metálicas de 4"x4"x1/8", y los arriostres inclinados serán angulares de 3"x3"x1/8".

Debido a que el tanque esta soportado sobre una torre de acero de 15 mts, las fundaciones se diseñaron como zapata aislada, unidas por medio de una

viga asimica para tener mayor anclaje y disminuir los asentamientos diferenciales en la estructura

5.8. Selección de diámetros económicos para línea de conducción y equipo de bombeo.

5.8.1. Línea de conducción “Pozo hacia Tanques de Almacenamiento”

La Línea de conducción “Pozo hacia Tanques de Almacenamientos” es la que conduce el agua desde el pozo propuesto ubicado en Bethel I, con una cota de terreno de 80.0 m.s.n.m hacia los tanques propuestos de 75,000 glns cada uno ubicados en el sector noreste de Bethel II, con una cota de rebose igual a 101.50 m.s.n.m. (ver planos constructivos).

Para la selección del diámetro económico se utilizó la fórmula de Bresse

$$D = K * Q^{0.5}.$$

$$D = 1.2 * 37.73 \text{ lps}$$

$D = 7.37 \text{ plg} \sim 187.0 \text{ mm}.$ El Consultor propone instalar en la línea de impulsión tubería de 6” PVC-SDR-17, desde el pozo propuesto hasta el nivel de rebose de los tanques de almacenamiento, con la condición del criterio de la velocidad $2.08 \text{ m/seg.} < 3.0 \text{ m/seg.}$ de acuerdo a las Normas del INAA.

5.9. Calculo para determinar la Carga Total Dinámica (CTD) y potencia del Equipo de bombeo (HP)

| CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO | | | |
|---|--------------|--------------|------------------------------|
| URBANIZACION BETHEL | | | |
| Datos Basicos | | | |
| Q para 20 años = 600.00 gpm | | | |
| Q = 600.00 gpm | CHW HG = 100 | CHW HF = 100 | 1 |
| | | | Bomdeo hacia Tanque Almacen. |
| | | | Tipo bomba = Sumergible |

| Ø Columna = 6.0 Pulg | | |
|-------------------------------------|-----------|--------|
| V = 2.05 m/s | | |
| Ø Descarga = 6.0 Pulg | | |
| V = 2.05 m/s | | |
| Pérdidas locales Descargas | | |
| Accesorio | Leq. (m) | CHW |
| Válv. de pie c/coladera | 20.00 | 120 |
| Tee salida lateral | 10.00 | 100 |
| Válvula Compuerta | 1.10 | 120 |
| Válv. de retención horiz. | 12.50 | 120 |
| Tee paso directo | 2.40 | 100 |
| Válvula Compuerta | 1.10 | 120 |
| Codo de 45° | 2.20 | 100 |
| Codo de 45° | 2.20 | 100 |
| Entrada a tubería | 2.50 | 100 |
| Salida de tubería | 5.00 | 100 |
| Tub. Sarta = | 5.00 | 100 |
| Para seleccionar accesorio | | |
| | Leq. (m) | Hf (m) |
| Hierro Galv. | 20.50 | 1.44 |
| Hierro Fund. | 52.70 | 1.56 |
| Pérdidas Columna en Bom. Sumergible | | |
| | Long. (m) | CHW HG |
| | 64.02 | 100 |
| Hf (m) = | | 2.02 |
| Pérdidas locales Entrada Tanque | | |
| Accesorio | Leq. (m) | CHW |
| Codo de 45° | 2.20 | 100 |
| Válvula Compuerta | 1.10 | 120 |
| Codo de 90° | 4.20 | 100 |
| Codo de 90° | 4.20 | 100 |
| Válvula Compuerta | 1.10 | 120 |
| Salida de tubería | 5.00 | 100 |
| Tub. entrada = | 25.00 | 100 |
| | Leq. (m) | Hf (m) |
| Hierro Galv. | 40.90 | 1.92 |
| Hierro Fund. | 2.20 | 0.06 |

| CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO | | | |
|---|--|--|--|
| URBANIZACION BETHEL | | | |

| Carga Total Dinamica | |
|----------------------|-------------|
| CTD = | 112.69 m |
| CTD = | 269.64 pies |
| CTD = | 270 pies |

Presion Sarta = 229.25 psi

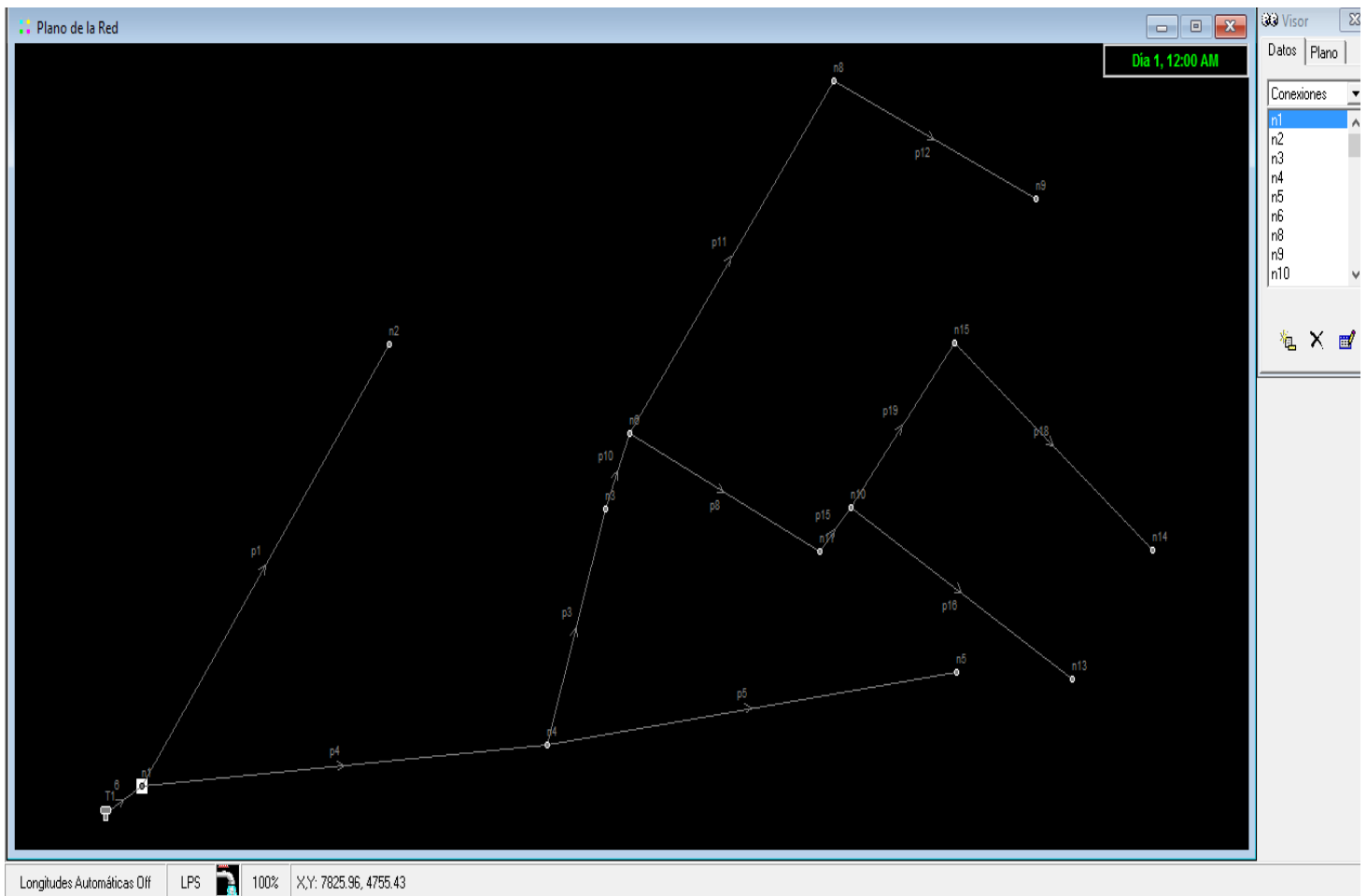
| Diferenc. Elev. Tanque - Bomba | |
|--------------------------------|----------|
| Elev. Rebosa = | 104.90 m |
| Elev. Bomba = | 12.22 m |
| Hs = | 92.67 m |

| Pérdidas en la Descarga | |
|-------------------------|------------|
| Hfd = | 20.02 m |
| Hfd = | 65.66 pies |

5.10. Análisis de resultados obtenidos del diseño de la red de distribución en EPANET.

El análisis respectivo se obtuvo del análisis de los datos ingresados en el programa, para ver el comportamiento hidráulico de agua de redes en tubería a presión trabajando y con un previo estudio de los tipo de tubería diámetros, dimensiones a utilizar para que este sistema cumpliera con las normas mínimas antes expuestas. Los análisis que se realizaran serán tres tipos el primero con el consumo máximo hora para ver las perdidas máximas, el segundo con el caudal máximo día más caudal de hidrante y el ultimo será con cero demandas. El diagrama para realizar el análisis respectivo se observa en la siguiente imagen 4:

Imagen 4



5.10.1. Resultado del primer análisis con el consumo máximo hora.

Tabla 8

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|---------------------|
| Tubería p1 | 460.7 | 80 | 3.43 | 0.68 | 5.99 |
| Tubería p3 | 165.9 | 200 | -16.88 | 0.54 | 1.32 |
| Tubería p4 | 467.8 | 200 | -22.18 | 0.71 | 2.19 |
| Tubería p5 | 448.6 | 80 | 0.86 | 0.17 | 0.46 |
| Tubería p10 | 66.97 | 200 | -16.88 | 0.54 | 1.32 |
| Tubería p12 | 244.6 | 50 | 1.53 | 0.78 | 13.22 |
| Tubería p15 | 57.06 | 100 | -5.57 | 0.71 | 4.94 |
| Tubería p18 | 282 | 50 | -1.17 | 0.60 | 8.04 |
| Tubería p8 | 225.5 | 150 | 8.79 | 0.50 | 1.60 |
| Tubería p16 | 284.3 | 50 | 1.05 | 0.53 | 6.58 |
| Tubería p11 | 366.18 | 100 | -4.45 | 0.57 | 3.27 |
| Tubería 6 | 50 | 200 | 28.89 | 0.92 | 3.56 |
| Tubería p19 | 232.2 | 100 | 4.51 | 0.57 | 7.10 |

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Demanda LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|-------------|--------------|
| Conexión n1 | 79 | 2.18 | 3.27 | 92.12 | 13.12 |
| Conexión n2 | 74.75 | 2.29 | 3.43 | 89.36 | 14.61 |
| Conexión n3 | 75 | 0 | 0.00 | 90.88 | 15.88 |
| Conexión n4 | 76.26 | 2.97 | 4.45 | 91.10 | 14.84 |
| Conexión n5 | 74 | 0.57 | 0.86 | 90.82 | 16.82 |
| Conexión n6 | 74.47 | 2.42 | 3.63 | 90.79 | 16.32 |
| Conexión n8 | 71.6 | 1.95 | 2.92 | 89.60 | 18.00 |
| Conexión n9 | 70.55 | 1.02 | 1.53 | 86.36 | 15.81 |
| Conexión n10 | 73.45 | 0 | 0.00 | 90.15 | 16.70 |
| Conexión n11 | 73.85 | 2.15 | 3.22 | 90.43 | 16.58 |
| Conexión n13 | 73.15 | 0.70 | 1.05 | 88.28 | 15.13 |
| Conexión n14 | 72 | 0.78 | 1.17 | 86.23 | 14.23 |
| Conexión n15 | 71.70 | 2.23 | 3.35 | 88.50 | 16.80 |
| Depósito T1 | 89.30 | No Disponible | -28.89 | 92.30 | 3.00 |

5.10.2. Resultado del segundo análisis con el consumo máximo hora + caudal de hidrante.

Tabla 9

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|---------------------|
| Tubería L1 | 460.7 | 100 | 8.31 | 1.06 | 10.37 |
| Tubería L2 | 283.3 | 100 | -10.67 | 1.36 | 16.49 |
| Tubería L3 | 165.9 | 150 | -21.49 | 1.22 | 8.37 |
| Tubería L4 | 467.8 | 150 | 11.77 | 0.67 | 2.74 |
| Tubería L5 | 448.6 | 100 | 4.54 | 0.58 | 3.39 |
| Tubería L8 | 66.97 | 150 | -10.82 | 0.61 | 2.35 |
| Tubería L10 | 244.6 | 75 | 1.85 | 0.42 | 2.60 |
| Tubería L16 | 57.06 | 100 | -4.31 | 0.55 | 3.08 |
| Tubería L13 | 138.2 | 75 | 1.43 | 0.32 | 1.62 |
| Tubería L12 | 282 | 75 | 0.42 | 0.10 | 0.17 |
| Tubería L7 | 225.5 | 100 | 3.31 | 0.42 | 1.89 |
| Tubería L6 | 185.4 | 100 | -3.80 | 0.48 | 2.44 |
| Tubería L11 | 129.2 | 50 | 0.52 | 0.26 | 1.78 |
| Tubería L14 | 284.3 | 75 | 2.35 | 0.53 | 4.07 |
| Tubería L9 | 366.18 | 100 | -4.39 | 0.56 | 3.18 |
| Tubería 6 | 5 | 150 | -0.63 | 0.04 | 0.01 |
| Tubería L15 | 232.2 | 75 | 1.96 | 0.44 | 6.15 |

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Demanda LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|-------------|--------------|
| Conexión n1 | 79 | 2.83 | 2.83 | 93.00 | 14.00 |
| Conexión n2 | 74.75 | 18.98 | 18.98 | 88.22 | 13.47 |
| Conexión n3 | 75 | 0 | 0.00 | 92.89 | 17.89 |
| Conexión n4 | 76.26 | 3.86 | 3.86 | 94.28 | 18.02 |
| Conexión n5 | 74 | 0.74 | 0.74 | 92.76 | 18.76 |
| Conexión n7 | 74.47 | 3.12 | 3.12 | 92.74 | 18.27 |
| Conexión n8 | 71.6 | 2.54 | 2.54 | 91.57 | 19.97 |
| Conexión n9 | 70.55 | 1.33 | 1.33 | 90.94 | 20.39 |
| Conexión n13 | 73.45 | 0 | 0.00 | 92.14 | 18.69 |
| Conexión n6 | 73.85 | 2.8 | 2.80 | 92.31 | 18.46 |
| Conexión n12 | 73.15 | 0.92 | 0.92 | 90.98 | 17.83 |
| Conexión n11 | 72 | 1.01 | 1.01 | 90.75 | 18.75 |
| Conexión n10 | 71.70 | 2.90 | 2.90 | 90.71 | 19.01 |
| Embalse 1 | 66 | No Disponible | -41.66 | 66.00 | 0.00 |

5.10.3. Resultado del tercer análisis con el caudal de demandas en cero.

Tabla 10

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|---------------------|
| Tubería L1 | 460.7 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L2 | 283.3 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L3 | 165.9 | 150 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L4 | 467.8 | 150 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L5 | 448.6 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L8 | 66.97 | 150 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L10 | 244.6 | 75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L16 | 57.06 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L13 | 138.2 | 75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L12 | 282 | 75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L7 | 225.5 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L6 | 185.4 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L11 | 129.2 | 50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L14 | 284.3 | 75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L9 | 366.18 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería 6 | 5 | 150 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tubería L15 | 232.2 | 75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Bomba 1 | No Disponible | No Disponible | 0.00 | 0.00 | -66.67 |

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Demanda LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|-------------|--------------|
| Conexión n1 | 79 | 0 | 0.00 | 132.67 | 53.67 |
| Conexión n2 | 74.75 | 0 | 0.00 | 132.67 | 57.92 |
| Conexión n3 | 75 | 0 | 0.00 | 132.67 | 57.67 |
| Conexión n4 | 76.26 | 0 | 0.00 | 132.67 | 56.41 |
| Conexión n5 | 74 | 0 | 0.00 | 132.67 | 58.67 |
| Conexión n7 | 74.47 | 0 | 0.00 | 132.67 | 58.20 |
| Conexión n8 | 71.6 | 0 | 0.00 | 132.67 | 61.07 |
| Conexión n9 | 70.55 | 0 | 0.00 | 132.67 | 62.12 |
| Conexión n13 | 73.45 | 0 | 0.00 | 132.67 | 59.22 |
| Conexión n6 | 73.85 | 0 | 0.00 | 132.67 | 58.82 |
| Conexión n12 | 73.15 | 0 | 0.00 | 132.67 | 59.52 |
| Conexión n11 | 72 | 0 | 0.00 | 132.67 | 60.67 |
| Conexión n10 | 71.70 | 0 | 0.00 | 132.67 | 60.97 |
| Embalse 1 | 66 | No Disponible | 0.00 | 66.00 | 0.00 |
| Depósito T1 | 89 | No Disponible | 0.00 | 94.00 | 5.00 |

5.10.4. Resultados generales.

Con la información de topografía que se recopiló información de la zona de estudio para darnos cuenta si aquí existiera algún problema respecto a lo establecimiento para la distribución del agua potable al igual que el beneficio que se establece. Después de haber recopilado toda la información establecida se hizo un levantamiento topográfico en donde se aplicó la planimetría y altimetría en el terreno a la vez para determinar la posición del tanque o reservorio de tal manera que tenga la capacidad de distribuir el agua y llegar hasta cada uno de los hogares. En el levantamiento también se determinó las diferencias de niveles con respecto al terreno y límites para definir la red de distribución de agua potable. Una vez finalizado el levantamiento se procesaron los datos tomados del levantamiento el cual servirá para diseñar la forma en que se establecerá la red de distribución de agua potable en la zona en donde se realiza el estudio.

Con el dibujo del propuesto del diseño que se presenta se logra optimizar y que se cumplan con las presiones y velocidades necesarias por las normas

en los recursos que estarán destinados para que los habitantes tengan condiciones higiénico-sanitarias necesarias para el residencial.

Con el respectivo análisis en el software EPANET del diseño de red de distribución que se propone para este estudio se evidencio que este cumple según los criterios que las diferentes instituciones y organismos indican siempre y cuando se garantice el bombeo de líquido por medio de las bombas a los tanques de almacenamiento por 8 horas continuas como mínimo. La línea de conducción del sistema de abastecimiento se diseñó considerando tubería de PVC SDR-26, la velocidad se encuentra en el rango recomendados por la normativa de $0.6 < v < 1.5$

La red de distribución se construirá con las instrucciones indicadas y con la tubería que sea PVC SDR-26, con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento hidráulico, así como la instalación de las válvulas de compuerta y accesorios que se observan el dibujo del plano de la red de distribución.

VIII. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Luego de completar todos los estudios pertinentes y realizar los diseños necesarios para este sistema de abastecimiento de agua potable en la zona residencial de urbanización de Bethel, puedo establecer las siguientes conclusiones:

Con la ejecución del estudio topográfico se logra realizar un diseño en el que se logra tener el mejor aprovechamiento de todos los componentes, logrando determinar que el diseño cuente con una red de tubería tipo malla para lograr cumplir con las presiones de acuerdo a las normativas, a como también se determina la ubicación de los tanques de almacenamiento y ubicación del pozo y demás características.

Al realizar el dibujo de la redes en programa digital de CAD. (Autocad), se logra obtener la red de manera digital logrando ejecutar en el programa en donde se obtienen las presiones y cantidad de flujo que tendrá la red simulando de acuerdo las condiciones establecidas.

Analizando los resultados que arroja el programa EPANET, logramos determinar que este se encuentra dentro de los parámetros requeridos para la ejecución por lo que se concluye que es viable utilizar este diseño ya que cuenta con la suficiente capacidad tanto en presión como en almacenamiento.

6.2. Recomendaciones

1. Realizar un replanteo para la ubicación de los tanques y pozos y que estos cuenten con el resguardo necesario para garantizar manipulaciones o mal manejo.

2. Realizar pruebas de bombeo al pozo para verificar que cumple con el caudal indicado para lograr el abastecimiento según la dotación calculada y es recomendable realizar el monitoreo inicial y sistemático del grado de contaminación en las obras de captación del líquido.

Glosario

A continuación se realizara mención del vocabulario técnico probable a utilizar en este documento tales como son los siguientes:

Aguas potable: es toda aquella que es apta para el consumo humano, lo que quiere decir que es posible ser consumida sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida por lo que no representa ningún tipo de riesgo para la salud y cumpla con los parámetros y normas establecidas por la ley o ente regulador en materia de salud pública.

Aguas domesticas: Desecho líquido resultante de los hábitos higiénicos del hombre en sus actividades domésticas.

Agua cruda: Agua no sometida al proceso de tratamiento.

Agua residuales: Desecho liquido constituido por aguas domesticas e industriales y aguas de infiltración.

Caudal: Volumen expresado en litros por segundos (lps), para el cual es diseñada la unidad.

Desinfección: Proceso que consiste en eliminar los micro-organismos patógenos que pueden estar presente en el agua, mediante el uso de equipos especiales o sustancias químicas.

Efluente: Liquido que sale de un proceso de tratamiento.

By Pass: Es la derivación de una tubería principal encargada de controlar la presión de un circuito hidráulico durante su puesta en servicio, mediante el uso de una válvula de menor diámetro. Puede actuar para contrabalanceo, secuencia, descarga y otras funciones requeridas para una válvula de dos vías.

Tuberías distribuidoras o secundarias: Aquellas de menor diámetro y que abastecen a las conexiones domiciliarias. Cuando la red de distribución es cerrada están comprendidas dentro de la mallas.

Tuberías maestras o cabeceras: Aquellas de mayor diámetro. Abastecen a las tuberías distribuidoras o subsidiarias y en algunos también directamente a las conexiones domiciliarias. Cuando la red de distribución es cerrada se forman mallas.

BIBLIOGRAFIA

1. Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua, INAA, abril, 1999.
2. Normas de Diseño de Pequeños Sistemas de Acueductos Rurales. Nicaragua, INAA, febrero, 1997.
3. Normas Provisionales para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Normas de Ingeniería Sanitaria, Juan Sánchez Barquero, República de Nicaragua, marzo, 1989.
4. Criterios Para la Selección de Proyectos de Agua Potable en el Sector Rural Disperso, DAR, INAA, enero 1997.
5. Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable (Monografía), Fabio Incer Campos, octubre, 2008.
6. Anuario Estadístico Nacionales de 2008, Cifras Oficiales INIDE, Managua, Nicaragua.
7. Teoría del Golpe de Ariete y sus Aplicaciones en la Ingeniería Hidráulica, Uriel Mancebo del Castillo. Primera edición, Editorial LIMUSA, S.A., México 1987.
8. Manual de Educación Sanitaria para Promotores, Proyecto CAM /93/ 002. Pág. 155-169
9. Anuario Estadístico según G. Hodgson, INETER, 1985.
10. Precipitación Media Anual. INETER
11. Estudios Hidrogeológicos, INETER
12. Regiones Climáticas de Nicaragua, Clasificación de Copen, INETER.
13. Técnicas de tratamiento de suelo y acuífero (S.A.T) Aplicadas a la gestión de la recarga artificial. 2da Edición corregida, Autor: A. Enrique Fernández Escalante.
14. Redes de Distribución, Abastecimiento y saneamientos urbanos, Autor: Rafael Molia.

ANEXOS